

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: B200426044

UDC _____

厦门大学

博 士 学 位 论 文

船舶压舱水与沉积物中的微藻类及对厦门港浮游植物群落
动态的潜在影响

Investigation on the microalgae in the ballast water/sediment
and its potential effect on phytoplankton community of
Xiamen Harbor

邢 小 丽

指导教师姓名: 高 亚 辉 教 授

专 业 名 称: 生 态 学

论文提交日期: 2007 年 8 月 25 日

论文答辩时间: 2007 年 9 月 22 日

学位授予日期: 2007 年 月 日

答辩委员会主席: 齐雨藻 教授

评 阅 人: _____

2007 年 9 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

厦门大学博士论文摘要库

目 录

摘 要	I
ABSTRACT.....	V
第一章 绪论	1
1.1 浮游植物在海洋生态系统中的重要性.....	1
1.2 生物入侵与赤潮灾害.....	2
1.3 压舱水的重要性.....	4
1.4 船舶类型及压舱水舱结构.....	5
1.5 压舱水的载入与排放.....	6
1.6 压舱水携带海洋外来入侵物种研究进展.....	7
1.7 厦门海域赤潮及船舶压舱水转运和监管情况.....	11
1.8 本论文的研究目标与主要研究内容.....	12
第二章 厦门港浮游植物种类与外来入侵种分析.....	15
2.1 引言.....	15
2.1.1 厦门港介绍.....	15
2.1.2 厦门港浮游植物种类多样性研究.....	16
2.2 材料和方法.....	19
2.2.1 采样测站分布概况.....	19
2.2.2 水样的采集、处理.....	20
2.2.3 水样的观察.....	20
2.2.4 藻类分类鉴定所用书籍.....	20
2.2.5 主要仪器设备.....	20
2.2.6 数据处理及统计分析.....	21
2.3 结论与分析.....	21
2.3.1 厦门港不同季节理化环境因子的变化.....	21
2.3.1.1 厦门港表层海水温盐状况.....	21

2.3.1.2 厦门港表层海水盐度分布.....	22
2.3.1.3 厦门港表层海水营养盐状况.....	23
2.3.2 厦门港浮游植物种类的多样性与季节变化.....	25
2.3.2.1 厦门港浮游植物种类组成.....	25
2.3.2.2 厦门港浮游植物优势种及其丰度.....	26
2.3.2.3 厦门港浮游植物优势种周年变化情况.....	27
2.3.2.4 厦门港浮游植物种类多样性的季节变化.....	29
2.3.2.5 厦门港浮游植物群落组成的季节变化.....	30
2.3.2.6 浮游植物数量的季节变化.....	32
2.3.2.7 厦门港不同站位浮游植物细胞丰度分布.....	33
2.3.2.8 厦门港浮游植物细胞丰度与环境因子关系.....	38
2.3.2.9 厦门港浮游植物群落的区系性质.....	39
2.4 讨论.....	39
2.4.1 厦门港浮游植物的生态分布与环境因素关系.....	39
2.4.2 厦门港浮游植物优势种变化特点及藻类入侵种分析.....	40
2.4.3 厦门港浮游植物演变.....	42
2.4.4 厦门港浮游植物潜在入侵种分析.....	44
2.5 本章小结.....	46
第三章 厦门港外来船舶压舱水及其沉积物中赤潮藻的检测.....	48
3.1 引言.....	48
3.2 材料和方法.....	48
3.2.1. 采样船只.....	48
3.2.2 压舱水采样方法.....	48
3.2.2.1 测量孔（Sounding Pipe）采样.....	48
3.2.2.2 压舱水泵（Ballast water pump）采样.....	49
3.2.2.3 人孔（Man hole）采样.....	49
3.2.2.4 压舱水排放口采样.....	49
3.2.3 压舱水及沉积物样品的采集.....	49
3.2.4 压舱水及沉积物样品的处理.....	49

3.2.5 压舱水及沉积物的培养.....	50
3.2.6 压舱水及沉积物中藻类的观察.....	50
3.2.7 藻类分类鉴定所用书籍.....	51
3.3 结果与分析.....	51
3.3.1 厦门港外来船舶类型及压舱水更换情况.....	51
3.3.2 厦门港外来船舶压舱水装载量及排放情况.....	51
3.3.3 所采压舱水的水龄.....	52
3.3.4 压舱水的来源地.....	52
3.3.5 压舱水的温盐特征.....	53
3.3.6 压舱水中的藻类.....	53
3.3.6.1 压舱水中的藻类组成及丰度.....	53
3.3.6.2 厦门港外来船舶压舱水中浮游植物种类数、细胞丰度及优势种.....	54
3.3.6.3 船舶压舱水中活细胞与死亡细胞比较.....	55
3.3.6.4 压舱水水龄和压舱水类型对藻类种类和细胞丰度的影响.....	57
3.3.7 压舱水舱沉积物中的藻类.....	59
3.3.7.1 沉积物中的藻类组成.....	59
3.3.7.2 沉积物中培养成功的藻类.....	59
3.3.8 厦门港船舶压舱水及沉积物中潜在入侵种—沃氏藻 (<i>Woloszynskia</i> sp.)	60
3.4 讨论.....	60
3.4.1 厦门港外来船舶类型与外来藻类入侵.....	60
3.4.2 压舱水类型与外来生物入侵.....	61
3.4.3 压舱水水龄与外来生物入侵.....	64
3.4.4 船舶压舱水中的藻类与有害赤潮藻类.....	65
3.4.5 压舱水及其沉积物中存活的藻类.....	67
3.4.6 厦门港压舱水及其沉积物中存在的外来入侵种.....	69
3.5 本章小结.....	70

第四章 厦门港船舶压舱水外来赤潮藻—沃氏藻 (*Woloszynskia* sp.)

黑暗适应机制初探	72
----------------	----

4.1 引言.....	72
4.2 材料和方法.....	74
4.2.1 藻种.....	74
4.2.2 藻种培养及观察.....	74
4.2.3 藻类生长测定.....	75
4.2.4 藻类细胞生理生化组分测定.....	76
4.2.5 透射电镜样品制备及观察.....	79
4.2.6 扫描电镜样品处理及观察.....	79
4.3 结果和分析.....	80
4.3.1 沃氏藻属特征.....	80
4.3.2 <i>Woloszynskia</i> sp. 细胞外部形态特征	80
4.3.3 <i>Woloszynskia</i> sp.细胞内部结构	80
4.3.4 正常培养与黑暗培养条件下细胞生长情况比较.....	81
4.3.5 沃氏藻黑暗培养后恢复光照的生长情况.....	82
4.3.6 沃氏藻在黑暗条件下培养不同时间后细胞生化组分的变化情况.....	83
4.3.6.1 正常和黑暗条件下细胞干重和细胞密度的比较分析.....	83
4.3.6.2 正常和黑暗条件下细胞叶绿素含量的比较分析.....	84
4.3.6.3 正常和黑暗条件下细胞碳水化合物的比较分析.....	85
4.3.6.4 正常和黑暗条件下细胞总蛋白含量的比较分析.....	87
4.3.6.5 正常和黑暗条件下细胞总脂含量的比较分析.....	87
4.3.6.6 正常和黑暗条件下细胞脂肪酸含量的比较分析.....	88
4.4 讨论.....	89
4.4.1 沃氏藻的分类鉴定.....	89
4.4.2 沃氏藻正常培养、黑暗培养以及持续黑暗一段时间后恢复生长比较.....	91
4.4.3 正常与黑暗条件下细胞生化组成变化.....	91
4.4.3.1 细胞干重.....	91
4.4.3.2 叶绿素 a.....	92
4.4.3.3 碳水化合物、总脂和脂肪酸.....	92
4.5 本章小结.....	94

第五章 结论与展望	96
5.1 结论.....	96
5.2 本论文的主要创新.....	97
5.3 本论文不足之处及有待进一步研究的问题.....	98
参考文献	102
附图.....	119
附表.....	122
图版.....	151
致谢.....	162
在学期间参加的科研项目	164
在学期间发表的论文	164

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

ABSTRACT.....	I
----------------------	----------

CHAPTER I INTRODUCTION	1
-------------------------------------	----------

1.1 Importance of phytoplankton in marine ecosystem	1
1.2 Invasion of organisms and HABs disaster	2
1.3 Importance of ballast water.....	4
1.4 Vessel traffic and the structure of ballast water tank	5
1.5 Load and discharge of ballast water.....	6
1.6 Study of marine non-indigenous species via ballast water	7
1.7 Red tide occurred in Xiamen sea water and the transfer and supervision of ballast water	11
1.8 Objective and study contents of the dissertation.....	12

CHAPTER II PHYTOPLANKTON SPECIES IN XIAMEN

HARBOR AND RISK ANALYSIS OF POTENTIAL INVASIVE

SPECIES	15
----------------------	-----------

2.1 Introduction	15
2.1.1 Introduction of Xiamen Harbor	15
2.1.2 Study of phytoplankton in Xiamen Harbor.....	16
2.2 Material and methods.....	19
2.2.1 Sampling stations.....	19
2.2.2 Sampling, processing and observation of samples	20
2.2.3 Observations of samples	20
2.2.4 References for taxonomy	20
2.2.5 Instruments and equipments	20
2.2.6 Data treatment and statistical analyses	21
2.3 Results and analysis	21

2.3.1	Environmental factors of different months	21
2.3.1.1	Temperature charactersitics of surface sea water	21
2.3.1.2	Salinity charactersitics of surface sea water	22
2.3.1.3	Nutrients charactersitics of surface sea water	23
2.3.2	Annual study of phytoplankton in Xiamen Harbor.....	25
2.3.2.1	Phytoplankton composition.....	25
2.3.2.2	Dominant phytoplankton species and cell density.....	26
2.3.2.3	Annual change of dominant phytoplankton species	27
2.3.2.4	Seasonal change of phytoplankton species numbers	29
2.3.2.5	Seasonal change of phytoplankton species compositions.....	30
2.3.2.6	Seasonal change of phytoplankton cell density	32
2.3.2.7	Distribution of phytoplankton abundance in different stations	33
2.3.2.8	Relationship between phytoplankton abundance and environmental factors	38
2.3.2.9	Ecological character of phytoplankton community	39
2. 4	Discussion	39
2.4.1	Relationship between phytoplankton distribution and environmental factors.....	39
2.4.2	Change of dominant phytoplankton species and invasive analyses.....	40
2.4.3	Succession of phytoplanktons in Xiamen Harbor.....	42
2.4.4	Potential invasive phytoplankton species into Xiamen Harbor	44
2. 5	Conclusion	46

CHAPTER III SURVEY OF RED TIDE MICROALGAE IN BALLAST WATER/SEDIMENT INTO XIAMEN HARBOR48

3.1	Introduction.....	48
3.2	Materials and methods	48
3.2.1	Ships for sampling	48
3.2.2	Sampling procedure of ballast water.....	48
3.2.2.1	Sounding pipe	48
3.2.2.2	Ballast bump	49

3.2.2.3	Man hole	49
3.2.2.4	Discharge pore of ballast water	49
3.2.3	Processing of ballast water and sediment samples	49
3.2.4	Treatment of ballast water and sediment samples	49
3.2.5	Culture of ballast water and sediment.....	50
3.2.6	Observation of microalgae in ballast water and sediment	50
3.2.7	References for taxonomy	51
3.3	Results and analysis	51
3.3.1	Types of ships and ballast water exchange	51
3.3.2	Ballast water load and discharge.....	51
3.3.3	Ballast water age	52
3.3.4	Ballast water origin	52
3.3.5	Ballast water physical characteristics	53
3.3.6	Microalgae in ballast water	53
3.3.6.1	Composition and cell density of microalgae	53
3.3.6.2	Species numbers, cell density and dominant species of microalgae.....	54
3.3.6.3	Comparison of live-dead cells in ballast water.....	55
3.3.6.4	Effect of ballast age and type on the algae	57
3.3.7	Microalgae in sediment.....	59
3.3.7.1	Microalgae composition.....	59
3.3.7.2	Microalgae cultured from sediment	59
3.3.8	Potential invasive species— <i>Woloszynskia</i> sp. into Xiamen Harbor.....	60
3.4	Discussion	60
3.4.1	Exotic algal invasion by type of ships into Xiamen Harbor	60
3.4.2	Exotic algal invasion by type of ballast water	61
3.4.3	Exotic algal invasion by ballast water age.....	64
3.4.4	Microalgae and harmful red tide algae in the ballast water	65
3.4.5	Microalgae survived in the ballast water and sediment	67
3.4.6	Exotic species in the ballast water/sediment into Xiamen Harbor	69
3.5	Conclusion	70

CHAPTER IV PRELIMINARY STUDY ON ADAPTIVE MECHANISM OF AN EXOTIC RED TIDE ALGAE—<i>WOLOSZYNSKIA</i> SP. IN DARK ENVIRONMENT	72
4.1 Introduction.....	72
4.2 Material and methods.....	74
4.2.1 Algal isolation.....	74
4.2.2 Algal culture and observation	74
4.2.3 Measure of algal growth	75
4.2.4 Measure of biochemical composition	76
4.2.5 Processing and observation of samples by TEM.....	79
4.2.6 Processing and observation of samples by SEM	79
4.3 Results and analysis	80
4.3.1 Genus characteristics of <i>Woloszynskia</i>	80
4.3.2 Morphological characteristics of <i>Woloszynskia</i> sp.	80
4.3.3 Cell structure of <i>Woloszynskia</i> sp.	80
4.3.4 Comparision of cell growth in normal and dark culture	81
4.3.5 Growth of <i>Woloszynskia</i> sp. with recovery of light after different duration of culture in dark environment.....	82
4.3.6 Change of biochemical composition of <i>Woloszynskia</i> sp. in different dark days	83
4.3.6.1 Comparison of cell dry weight and cell density in normal and dark culture conditions.....	83
4.3.6.2 Comparison of cell chlorophyll <i>a</i> in normal and dark culture conditions.....	84
4.3.6.3 Comparison of cell carbohydrate in normal and dark culture conditions	85
4.3.6.4 Comparison of cell total protein in normal and dark culture conditions.....	87
4.3.6.5 Comparison of cell total lipid in normal and dark culture conditions	87
4.3.6.6 Comparison of cell fatty acid in normal and dark culture conditions.....	88
4.4 Discussion	89
4.4.1 Taxonomy of <i>Woloszynskia</i> sp.....	89

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库